

2. **Ребезнюк І.Т.** Підготовка вузьких колодопиляльних стрічкових пилок до роботи : монографія / Ігор Тарасович Ребезнюк. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2005. – 260 с.
3. **Кірик М.Д.** Підготовка дереворізальних інструментів до роботи та їх експлуатація : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / М.Д. Кірик. – Львів : Вид-во "Ахілл", 2002. – 408 с.
4. **Решетов Д.Н.** Надежность машин : учебн. пособ. [для студ. ВНЗ] / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1988. – 238 с.

Ребезнюк И.Т., Озымок Ю.И., Пономарева О.В. Экспериментальное исследование величины переднего угла лезвий зубьев узкой ленточной пилы

Установлено распределение величины переднего угла лезвий зубьев ленточных пил, заточенных на станках производства КП "Ясень" и ЧП "Технолес-Индустрия". Выявлено, что величина угла в большинстве случаев имеет меньшее значение, чем то, на которое настраивают заточный станок.

Ключевые слова: ленточная пила, зуб, передний угол, заточный станок.

Rebeznyuk I.T., Ozymok Yu.I., Ponomaryova O.V. Experimental research of toothing blade rake value of narrow band-saw

We have established a distribution of hook angle value of toothing blade rake, which was sharpened on the resharpening lathes of the cooperative enterprise "Yasen" and the privately owned enterprise "Tehnolys-Inductriya". As a result, in most cases this value is smaller than that we were trying to obtain.

Keywords: band-saw, toothing, hook angle, resharpening lathe.

УДК 674.053:621.935

Доц. Л.Ф. Дзюба', канд. техн. наук;

доц. І.М. Ольховий¹, канд. техн. наук; доц. І.Т. Ребезнюк², д-р техн. наук

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ У ЗОНІ КОНТАКТУ ПОЛОТНА СТРІКОВОЇ ПИЛКИ З НАПРЯМНИМ РОЛИКОМ З УРАХУВАННЯМ СИЛИ ТЕРТЯ

Визначено контактні напруження в зонах дотику полотна стрікової пилки до напрямних роликів з урахуванням сили тертя на площинці контакту. Визначено еквівалентні напруження згідно з третьою теорією міцності в центрі площинки контакту за заданого коефіцієнта тертя між полотном пилки та напрямним роликом. Проаналізовано розподіл цих напружень за глибиною контакту стрікової пилки з напрямним роликом у центрі площинки контакту та на її межах.

Ключові слова: стрікова пилка, контактні напруження, напрямний ролик.

Контактуючи з рухомою стріковою пилкою, напрямні ролики обертаються навколо своєї осі. Обертання притиснутих до полотна пилки роликів зумовлює сила тертя Q , яка виникає на площинці контакту (рис. 1, а). Сила тертя пов'язана з нормальною силою P на одиниці довжини осі ролика залежністю $Q = f \cdot P$, де f – коефіцієнт зчеплення в парі тертя [1]. Для сталевих стрікової пилки та сталевих напрямних роликів $f = 0,105$.

Під час кочення напрямних роликів по полотні стрікової пилки, яка рухається поступально зі швидкістю v , можливе часткове проковзування в парі тертя пилка-ролик. Розглянемо граничний випадок проковзування, коли ролик пробуксовує, а пилка рухається поступально. Унаслідок пробуксовування на поверхні контакту виникатимуть як нормальні, так і дотичні зусилля.

У такому разі, розподіл нормальних зусиль та півширину площинки контакту згідно з [1], визначають так само, як і за відсутності сил тертя. Розподіл дотичних зусиль на площинці контакту завширшки $2a$ на підставі закону Амонтона має вигляд:

$$q(x) = \pm \frac{2 \cdot f \cdot P}{\pi \cdot a^2} \sqrt{a^2 - x^2}, \quad (1)$$

де знак "мінус" відповідає від'ємному напрямку швидкості v стрікової пилки (рис. 1, а).

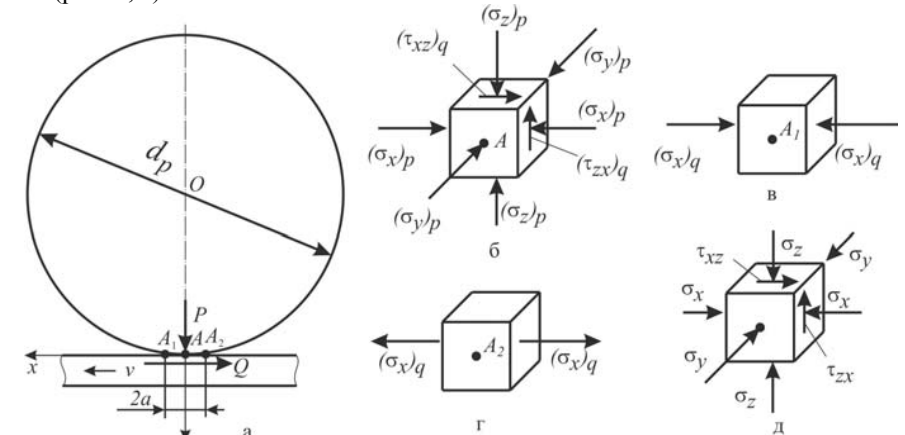


Рис. 1. Схема контакту напрямного ролика з полотном стрікової пилки за наявності сили тертя на площинці контакту: а – загальний вигляд; б – напружений стан у точці А внутрішньої поверхні полотна стрікової пилки; в – напружений стан у точці А₁ на початку ділянки контакту; г – напружений стан у точці А₂ на кінці ділянки контакту; д – напружений стан у точках полотна пилки не на поверхні контакту

Максимального значення дотичне зусилля набуває в центрі площинки контакту ($x = 0$) $q_0 = f \cdot p_0 = 0,105 p_0$.

У точках полотна стрікової пилки в межах ділянки контакту з напрямним роликом від дії $p(x)$ і $q(x)$ виникатиме об'ємний напружений стан з напруженнями $(\sigma_x)_p$, $(\sigma_y)_p$, $(\sigma_z)_p$, $(\tau_{xz})_p$, які спричинені силами нормального тиску $p(x)$, та напруженнями $(\sigma_x)_q$, $(\sigma_y)_q$, $(\sigma_z)_q$, $(\tau_{xz})_q$, що зумовлені дотичними зусиллями $q(x)$. Згідно з [1], коли враховують дотичні зусилля, то нехтують їх впливом на силу нормального тиску та геометрію площинки контакту. Відповідно вважають, що напруження й деформації, викликані дією нормальних і дотичних зусиль є незалежними, тому напружено-деформований стан у точках тіл визначають за принципом суперпозиції.

Розподіл напружень $(\sigma_x)_p$, $(\sigma_z)_p$, $(\tau_{xz})_q$ відповідно до таблиць [1] за глибиною контакту z в центрі площинки контакту ($x = 0$) показано на рис. 2. Напруження $(\sigma_x)_q$, $(\sigma_z)_q$, $(\tau_{xz})_p$ в центрі площинки контакту дорівнюють нулеві. У точці А на поверхні контакту, коли $z = 0$ (рис. 1, а), виникають напру-

¹ Львівський ДУ БЖД;
² НЛТУ України, м. Львів

ження $(\sigma_x)_p = -p_0$; $(\sigma_z)_p = -p_0$; $(\sigma_y)_p = -\mu[(\sigma_x)_p + (\sigma_z)_p] = -0,6p_0$; $(\tau_{xz})_q = -q_0 = -f \cdot p_0 = -0,105p_0$ (рис. 1, б). У точці A_1 на поверхні ($z=0$) початку ділянки контакту $x=-a$ (рис. 1, в) виникає тільки напруження стиску $(\sigma_x)_q$, яке набуває максимального значення $2q_0$ (рис. 3). У точці A_2 на поверхні ($z=0$) кінця ділянки контакту, коли $x=a$ (рис. 1, а), теж виникає тільки напруження $(\sigma_x)_q = 2q_0$, однак воно буде напруженням розтягу (рис. 1, г). У будь-яких інших точках полотна пилки не на поверхні контакту і не на осі z виникають напруження σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xz} (рис. 1, д), які згідно з принципом суперпозиції дорівнюють: $\sigma_x = (\sigma_x)_p + (\sigma_x)_q$; $\sigma_y = (\sigma_y)_p + (\sigma_y)_q$; $\sigma_z = (\sigma_z)_p + (\sigma_z)_q$; $\tau_{xz} = (\tau_{xz})_p + (\tau_{xz})_q$.

Графіки зміни напружень $(\sigma_x)_p$, $(\sigma_y)_p$, $(\sigma_z)_p$ у центрі площинки контакту ($x=0$) за глибиною контакту z/a зображено на рис. 2. Графіки зміни напружень, які виникають на межах площинки контакту ($x=\pm a$), за глибиною контакту z/a зображено на рис. 3.

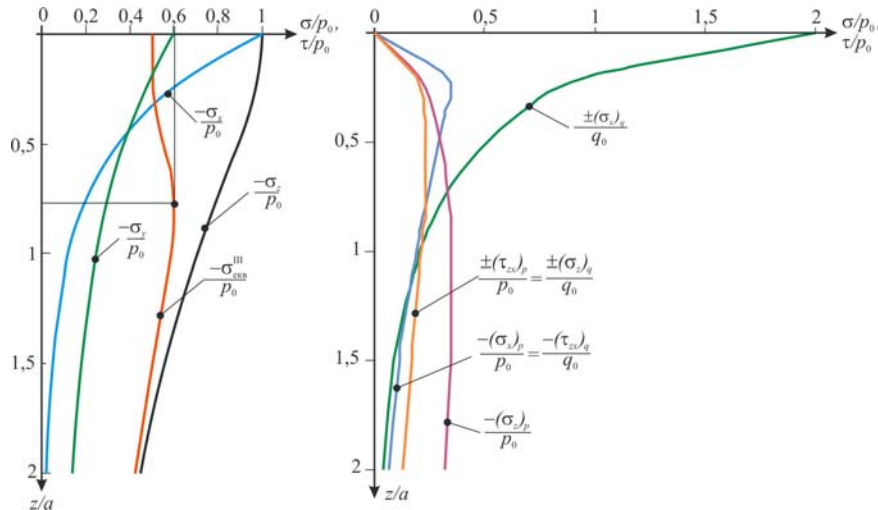


Рис. 2. Розподіл напружень за глибиною контакту полотна пилки з напрямним роликом з урахуванням сили тертя в центрі площинки контакту ($x=0$)

Рис. 3. Розподіл напружень за глибиною контакту полотна пилки з напрямним роликом з урахуванням сили тертя на межі площинки контакту ($x=\pm a$)

Як видно з рис. 1, б, напруження $(\sigma_x)_p$, $(\sigma_y)_p$, $(\sigma_z)_p$ у точці А полотна пилки, яка розміщена в центрі площинки ($x=0$) на поверхні контакту ($z=0$), не будуть головними, оскільки від дії дотичних зусиль q виникають ще дотичні напруження $(\tau_{xz})_q$. Для визначення головних напружень у цій точці, використаємо характеристичне рівняння тензора напружень:

$$\sigma^3 - I_{1\sigma} \cdot \sigma^2 + I_{2\sigma} \cdot \sigma - I_{3\sigma} = 0, \quad (2)$$

де $I_{1\sigma}$, $I_{2\sigma}$, $I_{3\sigma}$ – інваріанти характеристичного рівняння тензора напружень, які визначають за залежностями:

$$I_{1\sigma} = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z;$$

$$I_{2\sigma} = \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y \cdot \sigma_z + \sigma_x \cdot \sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{xz}^2;$$

$$I_{3\sigma} = \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z + 2\tau_{xy} \cdot \tau_{yz} \cdot \tau_{xz} - \sigma_x \cdot \tau_{yz}^2 - \sigma_y \cdot \tau_{xz}^2 - \sigma_z \cdot \tau_{xy}^2.$$

Обчисливши інваріанти для точки А та підставивши їх значення в рівняння (2), отримаємо

$$\sigma^3 - 2,6p_0 \cdot \sigma^2 + (2,189p_0^2) \cdot \sigma - (0,593p_0^3) = 0. \quad (3)$$

З розв'язку рівняння (3) значення головних напружень на поверхні контакту такі: $\sigma_1 = -0,6p_0$; $\sigma_2 = -0,895p_0$; $\sigma_3 = -1,105p_0$.

Еквівалентне напруження за III теорією міцності

$$\sigma_{\text{екв}}^{\text{III}} = 0,505p_0. \quad (4)$$

Якщо порівнювати це еквівалентне напруження з аналогічним, що виникає на поверхні контакту без урахування сили тертя [2] і дорівнює $\sigma_{\text{екв}}^{\text{III}} = 0,4p_0$, то еквівалентне напруження в центрі на поверхні площинки контакту за наявності сили тертя збільшилося приблизно на 15 %. Графік зміни $\sigma_{\text{екв}}^{\text{III}}$ за глибиною контакту в центрі площинки показано на рис. 2. Максимального значення $\sigma_{\text{екв}}^{\text{III}}$ досягає в точках полотна пилки на глибині $z=0,8a$, в яких виникнуть найбільші дотичні напруження

$$\tau_{1\text{max}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 0,301p_0.$$

Отже, якщо на площинці контакту полотна пилки з напрямними роликами враховувати сили тертя в разі пробуксовування роликів, то найбільші дотичні напруження виникатимуть у точках, які розміщені від поверхні контакту, тобто від внутрішніх шарів полотна стрічкової пилки, практично на такій самій глибині, як і без врахування сили тертя, оскільки коефіцієнт тертя між сталевими пилкою та полотном пилки є достатньо малим. Досягають ці напруження дещо більших значень, ніж у разі відсутності сил тертя.

Висновки:

1. Проаналізовано напружений стан полотна пилки в місцях виникнення контактних напружень з урахуванням сил тертя на поверхні контакту полотна пилки з напрямним роликом.
2. Якщо брати до уваги сили тертя на поверхні контакту полотна пилки з напрямними роликами, то дотичні напруження виникатимуть практично на такій самій відстані за глибиною контакту, як і без урахування сил тертя. Однак на поверхні в центрі площинки контакту еквівалентні напруження за третьою теорією міцності будуть більшими на 15 %, ніж ті самі напруження, обчислені без урахування сили тертя.
3. На межах площинки контакту полотна стрічкової пилки з напрямними роликами на поверхні контакту виникатимуть напруження стиску на початку і напруження розтягу в кінці ділянки контакту. Для роликів з діаметром $d_p = 50$ мм в розтягнутому з напруженням $\sigma_0 = 180$ МПа полотні

пилки ці додаткові напруження становитимуть $\sigma_x = 2p_0 = 126$ МПа. У такому разі полотно пилки буде додатково навантажено значними напруженнями, величина яких сумірна з напруженням від попереднього натягу.

Література

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон : пер. с англ. – М. : Изд-во "Мир", 1989. – 510 с.
2. Гуліда Е.М. Прикладна механіка : підручник [для студ. ВНЗ] / Е.М. Гуліда, Л.Ф. Дзюба, І.М. Ольховий. – Львів : Вид-во "Світ", 2007. – 386 с.

Дзюба Л.Ф., Ольховий І.М., Ребезнюк І.Т. Теоретическое исследование контактных напряжений в зоне контакта полотна ленточной пилы с направляющим роликом с учетом силы трения

Определены контактные напряжения в зонах контакта полотна ленточной пилы с направляющими роликами с учетом силы трения на площадке контакта. Определены эквивалентные напряжения по третьей теории прочности в центре площадки контакта при заданном коэффициенте трения между полотном пилы и направляющим роликом. Проанализировано распределение этих напряжений по глубине контакта ленточной пилы с направляющим роликом в центре площадки контакта и на ее границах.

Ключевые слова: ленточная пила, контактные напряжения, направляющий ролик.

Dzyuba L.F., Olkhoviy I.M., Rebeznyuk I.T. The theoretical investigations of contact stresses in the region of contact of saw band with directing roll taking into account the friction force.

The contact stresses in the region of contact of saw band with directing roll, taking into account the frictional force on contact plane, were determined. The equivalent stresses in the center of contact region (at predetermined friction coefficient between saw-band and directing roll) according to third theory of strength, were determined. The distribution of above stresses in dependences on contact depth of band-saw with directed roll in the center of contact plane as well as on their borders, was analyzed.

Keywords: Saw-band, contact stresses, directing roll.

УДК 667.64:678.026

Проф. П.Д. Стухляк¹, д-р техн. наук;

доц. І.В. Чихіра¹, канд. техн. наук; проф. А.В. Букетов², д-р техн. наук

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІСКОЗИМЕТРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Розроблено автоматизовану установку для дослідження реологічних властивостей епоксидних композицій, що містять дисперсні частки різної фізичної природи. Розроблена установка передбачає керування експериментом у процесі зміни властивостей об'єкта досліджень залежно від заданої програмою температури. Проведено експериментальні дослідження реологічних властивостей епоксидних композицій. Обґрунтовано необхідність введення мінімальної кількості дисперсних часток для отримання композицій з оптимальними показниками в'язкості.

Ключові слова: автоматизована установка, реологічні властивості.

Постановка проблеми. Розроблення нових приладів для дослідження технологічних процесів ставить проблему їх автоматизації та передбачає об-

ладнання таких приладів сучасними системами керування, зчитування та фіксації результатів експерименту. Особливо актуально ця проблема стосується дослідження реологічних властивостей композицій на основі епоксидних смол, котрі містять різну кількість дисперсних наповнювачів. Сучасний стан фізико-хімії поверхневих явищ у гетерогенних полімеркомпозитних системах має істотну теоретичну базу щодо розроблення матеріалів з необхідним комплексом властивостей [1, 2]. Теоретичні та експериментальні дослідження у цій галузі, нагромаджені упродовж останніх десятиліть, відкривають широкі перспективи для створення нових технологічних методів формування та дослідження властивостей гетерогенних композитних матеріалів. При цьому останнім часом найбільш інтенсивно розвиваються нові методи дослідження реологічних характеристик композицій та їхньої в'язкості у текучому стані [3].

Метою роботи є дослідження кінетики зміни реологічних параметрів систем при течії та визначення їхньої в'язкості на розробленому автоматизованому приладі.

Матеріали і методика досліджень. Об'єктом дослідження вибрано епоксидановий олігомери марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), який характеризується високою адгезійною та когезійною міцністю, незначною усадкою і технологічністю під час нанесення на довговимірні поверхні складного профілю, розвиненою сировинною базою. Для зшивання епоксидних композицій використано твердник ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78), що дає змогу формувати композитний матеріал за кімнатних температур. Його формували методом гідродинамічного суміщення компонентів після введення наповнювача. У дослідженнях використовували дисперсні наповнювачі різної фізичної природи: карбід бору (B_4C), карбід кремнію (SiC) і оксид алюмінію (Al_2O_3). Дисперсність наповнювачів становила 40 мкм.

Попередньо умовну в'язкість полімерних композицій визначали методом вимірювання довжини сліду порції матеріалу матриці та композицій, що стікає по похилій скляній площині. На горизонтальну площину розміром $400 \times 300 \times 6$ мм наносили однакову кількість ($5,0 \text{ cm}^3$) олігомерної матриці та композицій на її основі з наступною зміною кута нахилу площини. За довжини сліду порції матриці – 200 мм вимірювали величину стікання усіх композицій. Ступінь відносної в'язкості композицій оцінювали у відсотковому відношенні кількісних значень слідів наповнених систем та олігомерної епоксидної смоли, кінетичну в'язкість якої відомо.

Результати експерименту. Для дослідження залежності реологічних властивостей композицій та в'язкості композицій від кількості та природи наповнювачів застосовували електровібраційний вискозиметр (рис. 1). Градування вискозиметра проводили за розробленими градуйованими рідинами, що дало змогу отримати реальні значення динамічної в'язкості композицій. Як градуйовану рідину використовували суміші, які складаються із касторової олії (ГОСТ 6757-53) і оксиду хрому дисперсністю $2 \dots 5$ мкм (ГОСТ 2912-79). Змінюючи вміст наповнювача у композиції, отримували в'язкість градуйованих сумішей у широкому діапазоні. В'язкість градуйованих складів визначали за методом Стокса.

¹ Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя;

² Херсонська державна морська академія